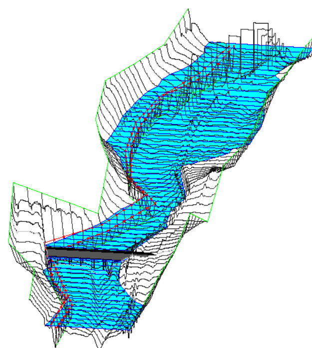


Université du Québec
École de technologie supérieure
Département de Génie de la construction

HEC-RAS
River Analysis System



Guide de laboratoire :
Exemple pour la rivière du Loup

HEC-RAS Version 3.1.3

CTN-762 Ressources hydriques

Table des matières

1 Introduction

Dans le cadre du cours Ressources hydriques, le laminage hydrologique a précédemment été utilisé pour étudier la propagation du débit dans un cours d'eau. Les avantages et limites de cette approche ont d'ailleurs été présentés au chapitre 6 des notes de cours, de même que quelques méthodes de laminage hydrologique. Toutefois, les niveaux d'eau sont parfois un élément primordial pour la prévision des inondations, la gestion des cours d'eau et des plaines inondables, ainsi que pour la conception de certains ouvrages en milieu hydrique. L'approche hydraulique, dont la théorie est présentée au chapitre 7 des notes de cours, devient alors nécessaire afin de calculer la hauteur d'eau atteinte par l'écoulement dans des conditions spécifiques.

HEC-RAS est un logiciel intégré pour l'analyse hydraulique qui permet de simuler les écoulements à surface libre. Il a été conçu par le *Hydrologic Engineering Center* du *U.S Army Corps of Engineers*. Il s'agit d'une nouvelle version d'un modèle hydraulique auparavant nommé HEC-2, qui comporte maintenant une interface graphique permettant d'éditer, modifier et visualiser les données d'entrée, de même qu'observer les résultats obtenus. Il est présentement utilisé dans plusieurs firmes d'ingénierie et organismes gouvernementaux. La version 3.1.3 de HEC-RAS permet de simuler les écoulements permanents et non permanents, le transport de sédiments et certaines fonctions facilitant la conception d'ouvrages hydrauliques.

Ce guide d'utilisation est destiné à la réalisation de l'étude hydraulique requise à l'intérieur du projet de session effectué par les étudiants dans le cadre du cours CTN-762, Ressources hydriques. Il ne constitue pas un guide d'utilisation exhaustif pour l'emploi de HEC-RAS, mais bien un résumé des principales fonctions qui seront utiles aux étudiants pour la réalisation de leur projet.

Volontairement, peu de notions théoriques sont intégrées dans ce document, dans le but d'alléger le contenu de ce document. Toutefois, avant d'utiliser un logiciel de calcul des écoulements à surface libre, il est primordial de connaître certaines notions théoriques qui sont notamment présentées dans les notes de cours. Des ouvrages plus complets sont énumérés en référence et pourront aussi être consultés pour plus de détails.

Ce guide présente d'abord le principe de fonctionnement de HEC-RAS et les principaux menus du logiciel. Par la suite, les principales étapes requises pour la modélisation hydraulique sont énumérées, tout en réalisant un exemple d'application. Finalement, différentes possibilités pour consulter les résultats obtenus sont proposées à la dernière section.

2 Un aperçu de HEC-RAS

Après avoir utilisé HEC-HMS, vous êtes maintenant familiers avec certains aspects de la modélisation et certaines similitudes peuvent d'ailleurs être faites entre ce logiciel et HEC-RAS. Tout comme pour HEC-HMS, HEC-RAS utilise le concept de Projet afin de réaliser une simulation du comportement hydraulique d'un cours d'eau. Tel que défini par HEC-RAS, un projet est un ensemble de fichiers permettant de simuler le comportement hydraulique d'un cours d'eau pour diverses conditions. La notion de Projet comprend également un ensemble d'autres termes qui lui sont associés et ceux-ci sont expliqués à la première section. Par la suite, l'environnement de HEC-RAS est présenté brièvement, soit les principales fenêtres et les menus.

2.1 Terminologie utilisée

Avec HEC-RAS, un ensemble de fichiers, que l'on nomme Projet, sont requis pour effectuer l'analyse hydraulique d'un cours d'eau. Une terminologie particulière est employée pour définir chacune de ces composantes. Les définitions sont présentées à la page suivante et la figure ci-dessous illustre la hiérarchie des fichiers d'un projet.

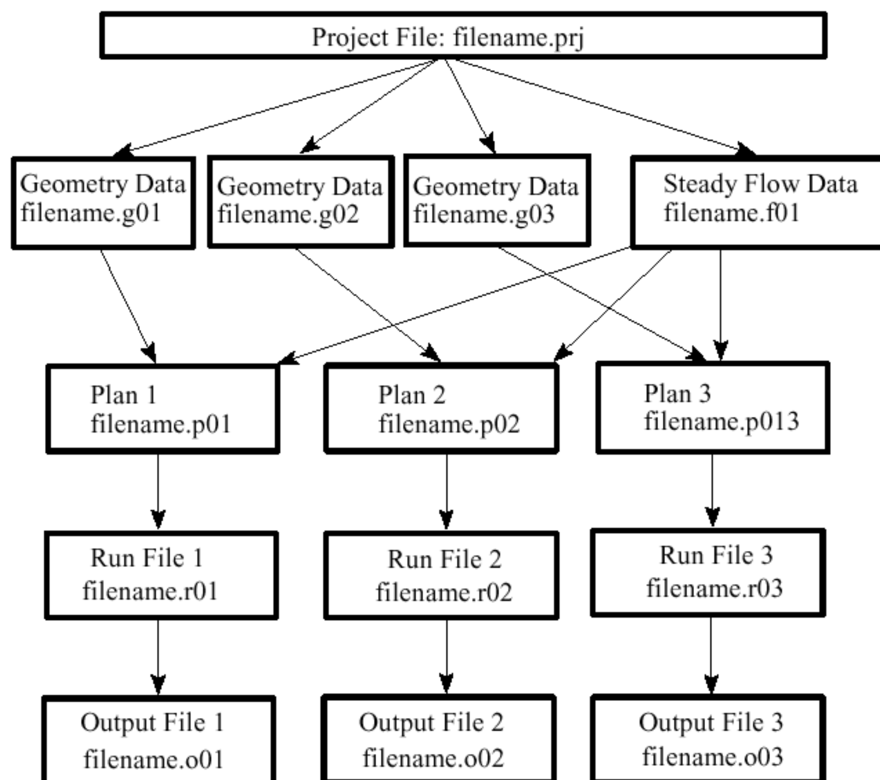


Schéma des fichiers d'un projet

Projet (Project) : Le fichier Projet contient le titre et la description du projet, le système d'unités utilisé et les liens vers tous les fichiers qui lui sont associés. Il contient aussi les variables par défaut qui peuvent être définies par l'usager et une référence au dernier Plan utilisé (voir la description d'un Plan plus bas). Il comporte l'extension .PRJ.

Géométrie (Geometry) : Ce fichier contient toutes les informations géométriques sur le cours d'eau analysé, soit le schéma arborescent, les sections transversales, la distance entre chaque section, les coefficients de Manning et s'il y a lieu, les structures présentes (ponts, ponceaux). Un projet peut comporter plusieurs géométries afin d'analyser différentes variantes (par exemple avec ou sans obstruction dans la rivière). Les fichiers peuvent ainsi comporter l'extension .G01 à G.99.

Débit (Flow) : Le fichier Débit est utilisé pour simuler les écoulements permanents. Il contient le nombre de Profile devant être calculés, les données de débit pour chacun d'eux et les conditions limites pour chaque tronçon. Un Profile désigne l'ensemble des niveaux d'eau calculés pour des conditions particulières de débit. De la même façon que précédemment, l'extension du fichier peut être de .F01 à .F99.

Plan (Plan) : Un fichier Plan contient un titre et une description du plan, de façon similaire aux informations d'un Projet. Il contient de plus la référence aux fichiers Géométrie et Débit associés à ce Plan. Le concept de Plan permet ainsi de simuler différentes combinaisons de Géométrie et de débit qui peuvent être nécessaires dans le cadre d'une étude hydraulique. Il y a un fichier .P** pour chaque Plan et ceux-ci peuvent comporter l'extension .P01 à .P99.

Simulation (Run) : Le fichier simulation contient toutes les données nécessaires à l'exécution d'une simulation, définie à l'intérieur d'un Plan. Ce fichier est automatiquement créé par HEC-RAS lorsqu'une simulation est lancée. Son extension peut être .R01 à .R99. Par exemple, le fichier .R01 correspond au Plan .P01

Résultats (Output) : Tous les résultats d'une simulation sont contenus dans le fichier Output. Les fichiers de résultats possèdent l'extension . O01 à . O99 et leur numérotation est également associée à celle des fichiers Plan.

Tous les fichiers créés à l'intérieur d'un même projet comportent le même nom, soit celui défini au départ par l'usager. Seule l'extension diffère et les différentes extensions des fichiers sont automatiquement créées par HEC-RAS et ne doivent pas être modifiées. Pour les fichiers dont l'extension inclut un nombre, celui-ci correspond à l'ordre dans lequel les fichiers ont été sauvegardés. La numérotation des fichiers Plan, Run et Output est également liée entre eux.

2.2 Fonctionnement de HEC-RAS

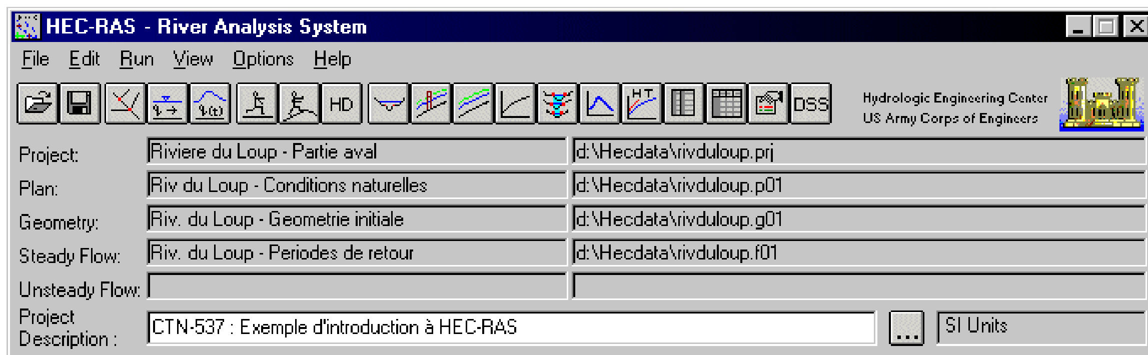
Cette section présente maintenant l'environnement général de HEC-RAS, soit les différents menus et options qu'il comporte. Le module principal et les différentes fonctions qui lui sont associées sont introduits aux pages suivantes, alors que les modules spécifiques à certaines fonctions seront présentés au chapitre suivant.

Démarrage de HEC-RAS

Pour démarrer HEC-RAS, double-cliquez sur l'icône suivante placée sur le Bureau, ou bien allez dans le menu Démarrez et choisissez le programme HEC-RAS 3.1.3. Fait important à noter, HEC-RAS utilise comme symbole décimal le point, et non la virgule utilisée habituellement dans notre système d'unités. Un message d'erreur peut apparaître lors du démarrage de HEC-RAS si le symbole décimal spécifié pour votre ordinateur n'est pas le point. Vous pouvez changer ce symbole dans le Panneau de configuration de Windows, à l'item Paramètres régionaux, à l'onglet Nombre.

Les menus de HEC-RAS

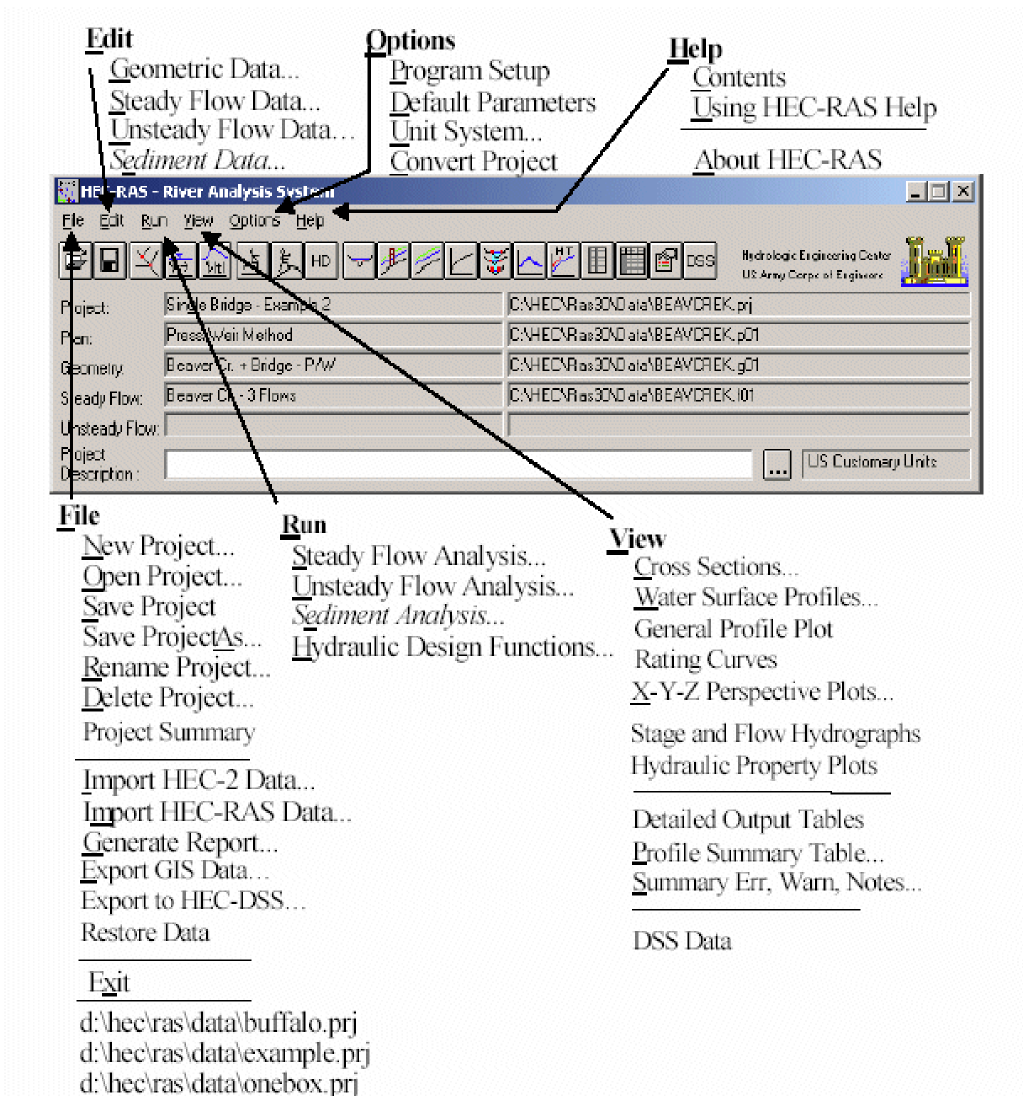
Suite au démarrage de HEC-RAS, vous devez obtenir la fenêtre principale de HEC-RAS qui est illustrée à la figure ci-dessous, sans toutefois les données qui y sont inscrites. Elle comporte une barre de menu qui est située dans le haut de la fenêtre, ainsi qu'une barre de boutons située juste au-dessous. Ces deux éléments importants sont présentés un peu plus loin. Parmi les autres éléments de la fenêtre principale, on retrouve des espaces prévus pour afficher les données présentement utilisées, soit le titre du Projet en cours, une description du Plan, de la géométrie et des données de débits utilisées. Le nom et le chemin du fichier de chacun de ces éléments sont indiqués dans la deuxième colonne.



Fenêtre principale de HEC-RAS

La barre de menu comprend toutes les fonctions disponibles de HEC-RAS et la figure de la page suivante présente son contenu. Le menu **File** permet d'ouvrir, de créer et de sauvegarder un Projet (fichiers avec l'extension .prj). Les autres options permettent de modifier le titre du Projet ou d'effacer tous les fichiers reliés à un projet. Utilisez cette dernière option avec précaution!

Outre le menu File, le menu **Edit** est également important et permet de spécifier les données de base décrivant le système hydrographique devant être modélisé ainsi que les conditions de débit dans ce système.



Barre de menu HEC-RAS

La principale étape de la création d'un projet de modélisation avec HEC-RAS est de définir la géométrie de notre cours d'eau, au moyen de sections transversales. Cette étape, qui sera vue plus en détail à la section 3.2, est réalisée en choisissant l'option **Geometric Data...** Toutes les données reliées à la géométrie du cours d'eau sont sauvegardées dans les fichiers dont l'extension est .G** où ** désigne des chiffres représentant une numérotation séquentielle.

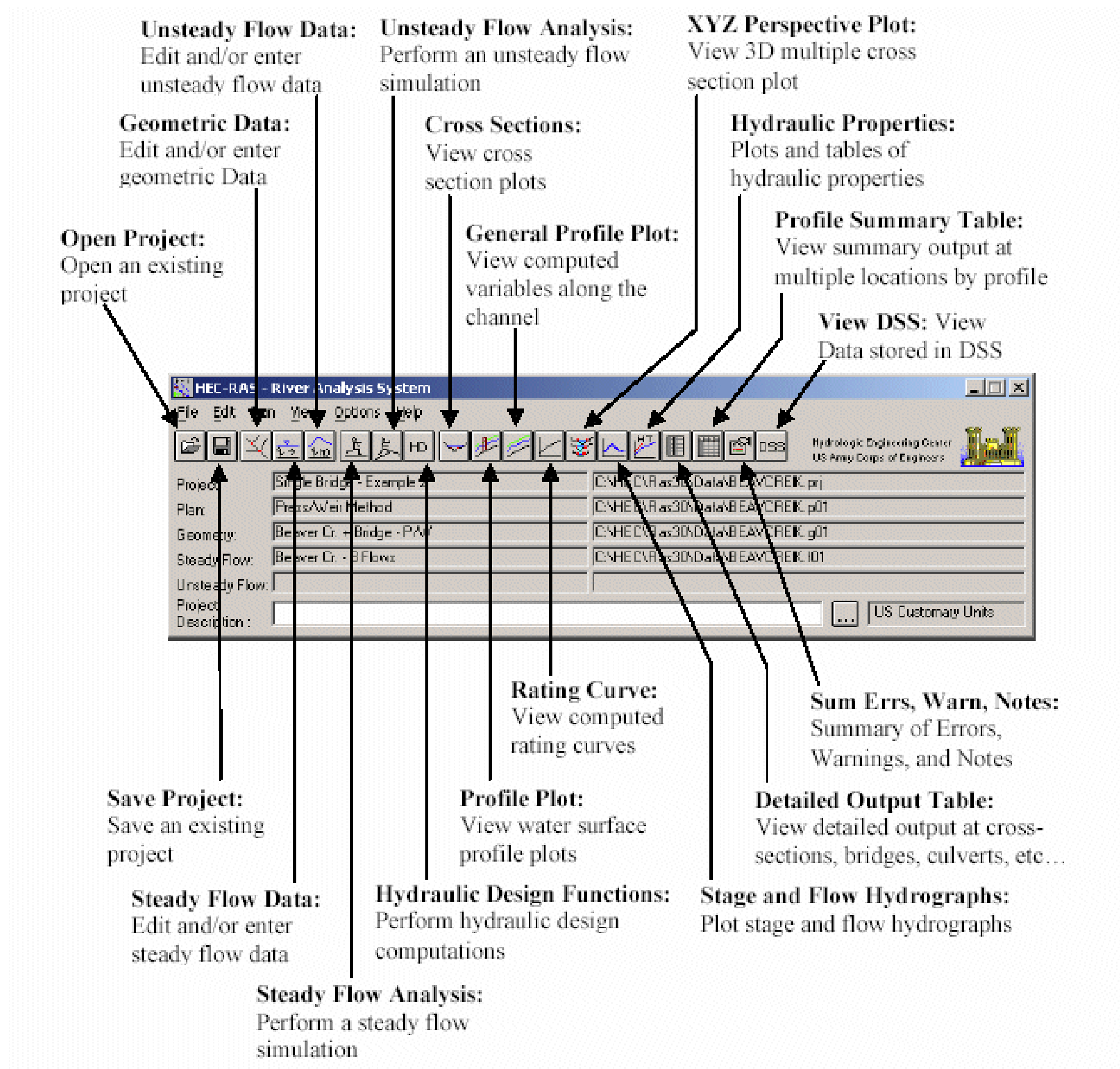
Une autre option disponible dans le menu Edit pour l'étude des écoulements permanents dans le cours d'eau est **Steady Flow Data**... Cette option permet de spécifier la ou les valeurs de débits dans le cours d'eau qui devront être modélisés, ainsi que les conditions limites de l'écoulement. Un Profile désigne l'ensemble des niveaux d'eau calculés pour des conditions particulières de débit. Les informations qui sont spécifiées avec cette option sont contenues dans les fichiers .F**. Les options **Unsteady Flow Data...** (Écoulements non permanents) et **Sediment Data...** (Transport de sédiments) ne seront pas utilisées dans le cadre du cours.

L'autre élément important de la fenêtre principale pour la création d'un projet et la réalisation de simulations est le menu **Run**. Trois options y sont disponibles: **Steady Flow Analysis...** , Unsteady Flow Analysis et Hydraulic Design... Tout comme pour l'étape précédente, seulement l'option Écoulements permanents (Steady Flow Analysis) sera utilisée. Cette option permet ici de définir le **Plan**, qui contient la référence au régime d'écoulement modélisé, à la géométrie du cours d'eau et aux débits simulés (voir la figure de la page 2).

Après avoir réalisé une simulation, vous pouvez consulter le menu **View**. Il permet de consulter les différents résultats obtenus, soit graphiquement avec les fonctions de la partie supérieure du menu, ou bien de façon tabulaire avec les autres. Même s'il n'y a pas de résultats calculés, les fonctions graphiques peuvent être utilisées pour visualiser de façon schématique les données entrées et ainsi percevoir certaines incohérences, s'il y a lieu.

Le menu **Options** contient certains paramètres de fonctionnement de HEC-RAS. Dans **Program Setup**, allez à **Set Time for Automatic Backup...** Cette option permet de spécifier l'intervalle de temps qui sera utilisé pour la sauvegarde automatique des données de votre projet. Dans le même menu, vérifiez que **Automatically Backup Data** est coché. Ainsi, par mesure de sécurité, toutes vos données seront sauvegardées dans le fichier RasBackup.prj, situé dans le répertoire d'installation de HEC-RAS. La fonction **Default Parameters** permet de spécifier les coefficients d'expansion et de rétrécissement utilisés par défaut pour chaque nouvelle section transversale. **Unit System** permet de spécifier quel système d'unités est utilisé pour le projet en cours (actuellement US customary) et permet aussi de changer le système d'unité utilisé par défaut pour chaque nouveau projet. Finalement, la dernière fonction, **Convert Project Units...**, permet de convertir un projet d'un système d'unités à un autre.

Le dernier item de la barre de menu, **Help**, peut être consulté pour obtenir de l'aide sur différents sujets d'intérêt. Il contient une version en ligne des principaux éléments contenus dans le document **HEC-RAS User's Manual**, cité en références. En plus du présent guide, l'aide en ligne, bien qu'en langue anglaise seulement, est suffisante pour bien comprendre et utiliser efficacement HEC-RAS. La documentation citée en référence est aussi disponible sur chaque poste de travail, dans le dossier HEC situé sur le Bureau Windows de chaque poste de travail.



Barre de boutons HEC-RAS

Finalement, la barre de boutons constitue un accès aux fonctions utilisées le plus couramment dans HEC-RAS. La figure ci-dessus présente leur description. En plaçant le curseur de la souris au-dessus d'un bouton, la description est affichée dans la barre de titre de la fenêtre ainsi que dans un élément textuel. L'icône utilisée est aussi représentative de cette fonction. Elles ont pour la plupart été abordées précédemment ou seront vues ultérieurement lors de la réalisation d'un exemple. Fait à noter, les éléments de la barre de boutons sont placés dans un ordre logique de réalisation d'un Projet avec HEC-RAS, mais ce ne sont pas toutes ces fonctions qui doivent nécessairement être utilisées dans un projet. Le chapitre suivant présente justement, à travers un exemple simple, les principales étapes de la modélisation hydraulique avec HEC-RAS. Finalement, dans le coin inférieur droit de la fenêtre principale, le système d'unité utilisé est indiqué en permanence.

3 Étapes de la modélisation

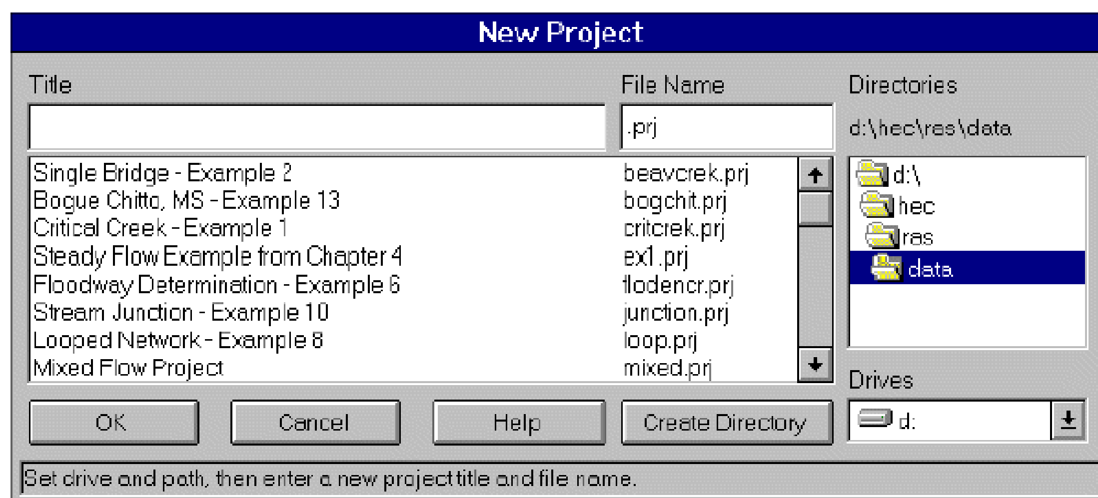
Vous êtes maintenant familiers avec les menus et les différentes fonctions de HEC-RAS et aussi suffisamment renseignés pour créer vous même votre propre Projet. Les principales étapes requises pour la création d'un projet avec HEC-RAS sont décrites ici à travers un cas simple. Le bassin versant de la Rivière du Loup est à nouveau utilisé à titre d'exemple. Toutefois, les valeurs utilisées ici ne représentent pas le système hydrographique réel.

3.1 Projet

Dans le menu **File**, choisir l'option **New Project** pour obtenir une fenêtre similaire à celle illustrée plus bas. La première étape est de choisir le dossier de travail où le projet sera sauvegardé. Un nouveau répertoire peut d'ailleurs être créé avec le bouton **Create Directory**. Le titre du projet sera par la suite spécifié dans la ligne du haut et un nom de fichier doit aussi être indiqué dans la case suivante, tout en conservant l'extension .prj . Entrez les informations suivantes dans un dossier de votre choix :

Title: Riviere du Loup - partie aval ; File name : rivduloup.prj .

Vous ne devez pas utiliser les accents lorsque vous indiquez un Titre car cette information n'apparaîtra pas la prochaine fois que vous ouvrirez le projet, même si toutes les autres informations seront présentes. Aussi, il ne faut pas utiliser les accents pour **un nom de fichier.** Après avoir appuyé sur OK, un message apparaît pour confirmer les informations soumises. Appuyez à nouveau sur OK et les données seront sauvegardées dans le fichier et le répertoire indiqué. Au bas de la fenêtre principale de HEC-RAS, vous pouvez maintenant entrer des informations supplémentaires sur votre projet à l'item **Project Description**. Appuyez sur le bouton "..." à droite pour élargir cette fenêtre et indiquez des renseignements tels que le titre du cours, la date, les membres de votre équipe...



Fenêtre New Project

Avant d'entrer les informations reliées à la géométrie et aux débits, il faut spécifier le système d'unités utilisé. Dans le menu **Options**, allez à **Units System** et choisissez **System International (Metric System)**. Vous pouvez aussi indiquer que ce système d'unités sera utilisé par défaut pour tous les nouveaux projets. Également dans le menu **Options**, il peut également être utile de spécifier à ce stade-ci les coefficients d'expansion et de rétrécissement qui seront utilisés par défaut pour toutes les nouvelles sections, puisque pour la plupart des sections où il n'y a pas de changement brusque de géométrie, ces valeurs ne changent pas. Allez à **Default Parameters**, **Expansion and Contraction Coef.** pour entrer les valeurs à utiliser (N'oubliez pas, le symbole décimal utilisé est le point):

Cross Section flow Contraction Coeff = 0.1 ; Cross Section flow Expansion Coeff = 0.3 .

3.2 Géométrie des sections

Après avoir défini les principaux paramètres du projet, la deuxième étape est de définir les caractéristiques géométriques du système modélisé. **Sélectionnez Edit / Geometric Data...** et la fenêtre **Base Geometry Data** apparaît. Augmentez cette fenêtre à sa taille maximale. Pour vous aider à tracer le tronçon de rivière à l'étude, vous pouvez ajouter une image de fond à cette fenêtre.

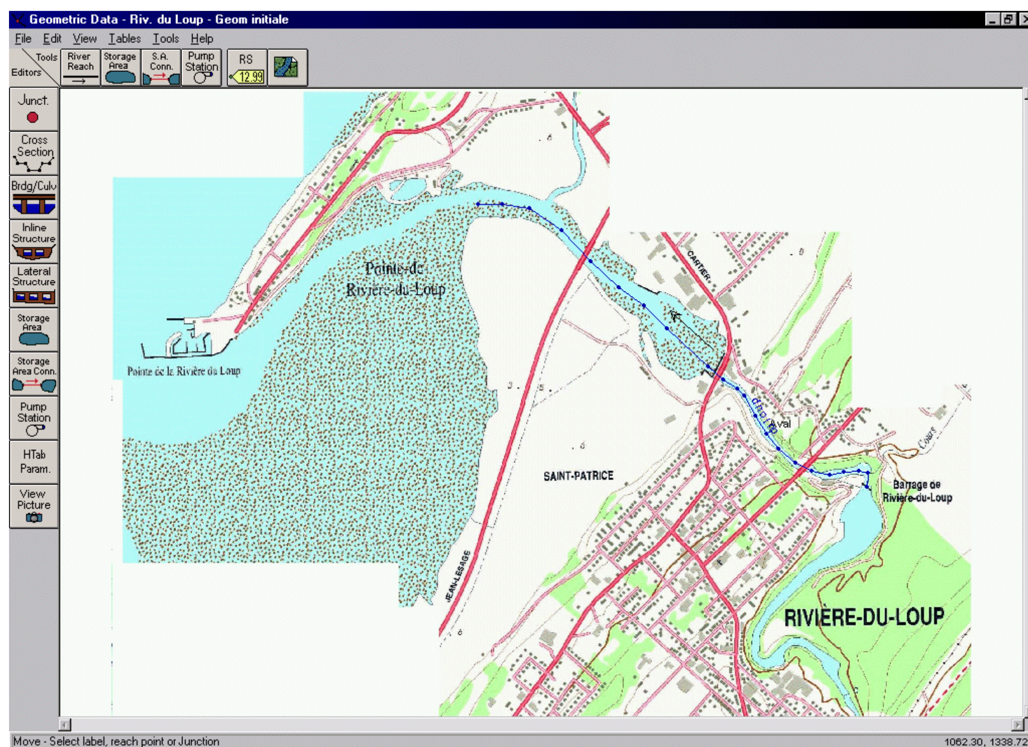
 Appuyez sur le bouton **Add/Edit background pictures...** et appuyez sur **Add** afin de sélectionner le fichier **rivduloup.jpg**. Après avoir appuyé sur Close, un message apparaît car la taille de l'image est plus grande que la taille actuelle de l'écran. Il est possible d'ajuster l'échelle en choisissant dans le menu **View** l'option **Full Plot** (Afficher l'image en entier). La fenêtre illustrée à la page suivante devrait correspondre à ce que vous obtenez, sans toutefois le tronçon de rivière qui y est dessiné.

Pour sauvegarder les étapes accomplies jusqu'à maintenant, allez à **File / Save Geometry Data as....** Sauvegardez les données de la géométrie avec les informations suivantes:

Title: Riv. du Loup - Geometrie sans batardeau

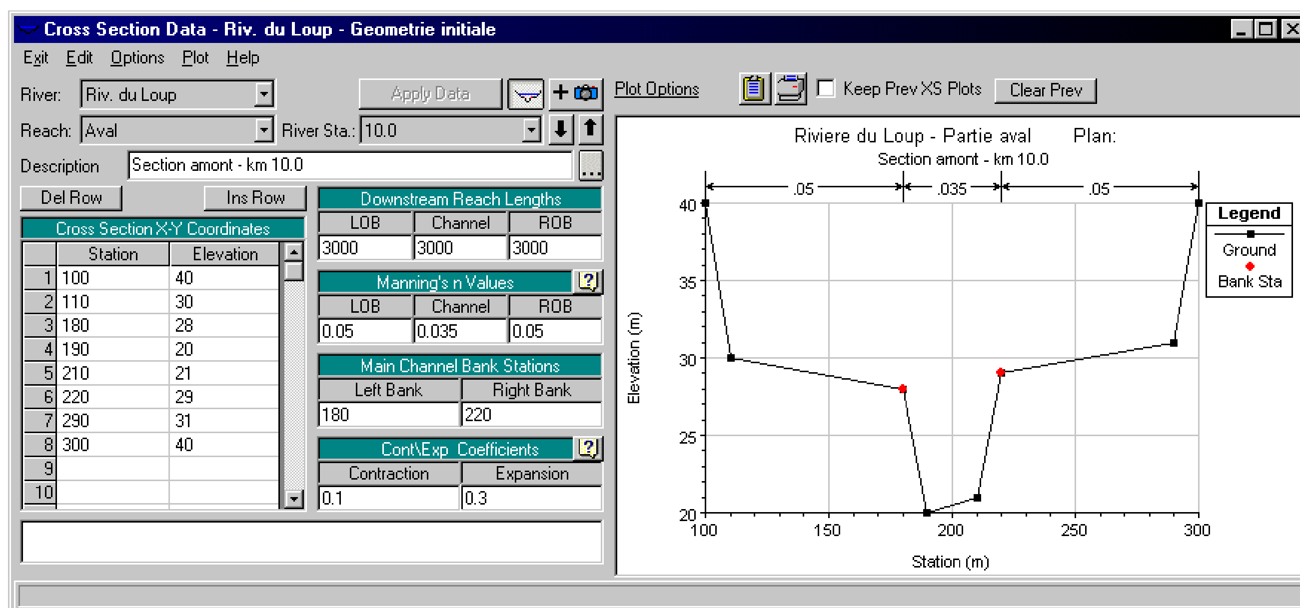
La partie de la rivière qui sera étudiée est en effet représentée d'un trait fin sur cette figure; elle va du barrage de Rivière-du-Loup jusqu'au fleuve St-Laurent. Pour représenter ce tronçon, cliquez sur le bouton **River Reach**. Le curseur se transforme en crayon et vous pouvez alors dessiner le tronçon de rivière à l'aide d'une suite de points qui vont de **l'amont vers l'aval,** en suivant le centre de la rivière sur l'image de référence. Vous double-cliquez pour indiquer la fin du tronçon. À ce moment, une fenêtre apparaît vous demandant d'indiquer le nom de la rivière et le nom du tronçon. Indiquez les informations suivantes:

River: Riviere du Loup ; Reach: Aval
Dans un but de simplification, l'exemple présenté ici de même que le projet à réaliser ne comportent qu'un seul tronçon. En pratique, le système modélisé comporte bien souvent plusieurs tronçons et parfois même plus qu'une rivière. Dans cette situation, les caractéristiques des points de confluence (bouton Junction) doivent être spécifiées. Cette fonction ne sera toutefois pas utilisée ici.



Fenêtre Base Geometry Data

Les autres caractéristiques géométriques nécessaires à cette étape sont les sections transversales à différents endroits de la rivière. Les sections transversales sont représentées au moyen de points représentant des coordonnées X-Y, où X est la distance par rapport à un point de référence arbitraire placé sur la rive et Y est l'élévation du fond de la rivière.



Fenêtre Cross Section Data Editor

Pour entrer les données, vous devez cliquer sur le bouton **Cross-Section** dans la partie gauche pour obtenir une fenêtre similaire à celle illustrée ci-haut, sans toutefois les données qui y sont présentes. Dans le menu **Options**, choisissez **Add a new Cross Section**... Il vous est alors demandé de définir la station (**River Station**) de cette section transversale, qui est en fait un identificateur numérique. HEC-RAS place sur un tronçon de rivière les stations en ordre décroissant de la partie amont vers la partie aval. Généralement, la distance depuis l'embouchure est utilisée comme station. Inscrivez donc ici 10.0 comme identificateur.

Inscrivez pour cette première section transversale les valeurs qui sont indiquées à la figure précédente. La signification de chacun des termes que l'on y retrouve est décrite ci-dessous.

River: Nom de la rivière sur laquelle la nouvelle section sera ajoutée;
Reach: Nom du tronçon de rivière sur laquelle la nouvelle section sera ajoutée;
River station: Identification numérique de la section transversale;
Description: Commentaires de l'utilisateur sur cette section;
Cross-section coordinates: Coordonnées relatives dans le plan X-Y des points définissant la section transversale;
Downstream Reach Lengths: Distance en mètres jusqu'à la prochaine section transversale située en aval. Left Overbanks (LOB) signifie la partie gauche de la plaine inondable, Right Overbanks (ROB) sa partie droite, alors que Channel désigne le lit principal de la rivière;
Manning's n values: Coefficients de Manning de chaque portion de la section transversale;
Main channel bank stations: Coordonnées, dans le plan X seulement, des limites gauches et droites du lit principal (Channel) de la rivière. Les valeurs fournies doivent correspondre à une valeur déjà présente dans la partie Cross-section coordinates. Sinon, un message apparaîtra demandant si vous désirez que la valeur X spécifiée soit calculée par interpolation et ajoutée aux autres coordonnées.

Après avoir entré les données, cliquez sur **Apply Data**. Vous pourrez alors visualiser la section transversale que vous venez de définir dans la partie adjacente de la fenêtre. Vous devriez obtenir le même résultat qu'à la figure présentée plus haut. Certains des termes qui viennent d'être définis y sont d'ailleurs illustrés. Les parties de la section transversale de la rivière, soit LOB, Channel et ROB sont délimitées dans le haut de la section, accompagnées de la valeur du coefficient de Manning correspondant à chacune d'elles.

Vous êtes maintenant familiers avec la façon d'entrer la géométrie d'une section transversale. Pour l'exemple vu ici, les prochaines sections seront basées sur une géométrie similaire, où huit points sont utilisés pour représenter de façon simplifiée la géométrie de chaque section transversale. Dans la réalité, un plus grand nombre de points peuvent être nécessaires afin que les caractéristiques réelles de la section (Périmètre mouillé et aire de la section) soient bien représentées dans le modèle.

Le tableau à la page suivante présente les valeurs de **Station** et **Elevation** pour les quatre autres sections transversales que vous devrez créer, soit les sections 7 , 6 , 4 et 0. On répétera alors l'étape **Add a new Cross Section**... dans le menu **Options** à quatre reprises pour entrer le nom de chaque section (River station) et la géométrie de chacune d'elles.

Tableau des données de sections transversales

River station: 7

	Station	Elevation
	100	31
	108	21
LB	**164**	19
	172	11
	188	12
RB	**196**	20
	252	22
	260	31

River station: 6

Station	Elevation
100	30
108	20
164	18
172	10
188	11
196	19
252	21
260	30

River station: 4

Station	Elevation
100	23
110	13
180	11
190	3
210	4
220	12
290	14
300	23

River station: 0

Station	Elevation
100	20
110	10
180	8
192	0
216	1
228	9
298	11
308	20

Les valeurs pour Main Channel Bank Stations, Left Bank (**LB**) et Right Bank (**RB**), sont en gras dans le tableau. Les valeurs pour Downstream Reach Lengths, LOB, Channel et ROB, sont fonction de la distance (m) de la section en aval. Ainsi, les valeurs seront de 1000 pour la section 7, puisque la station 6 est 1000 m en aval. Pour une même section, on considère ici que les trois valeurs (LOB, Channel et ROB) sont les mêmes.

Pour augmenter la stabilité des calculs de niveau par le modèle, il est recommandé d'avoir une distance raisonnable entre deux sections transversales. En assumant que la pente et les propriétés des sections varient de façon linéaire entre deux sections consécutives, la fonction **XS Interpolation** dans le menu **Tools** permet d'ajouter par interpolation de nouvelles sections entre deux sections existantes. Choisissez la fonction **Between 2 XS's...** Vous choisissez alors la section amont où débute l'interpolation ainsi que la section aval. Choisissez respectivement les sections 10.0 et 7.0 et spécifiez une distance maximale de 50 m. Cliquez sur **Interpolate** pour ajouter les nouvelles sections. Procédez de la même façon pour toutes les autres sections consécutives. Toutefois, entre les sections 7.0 et 6.0, entrez une distance maximale de 10 m. Dans les autres cas, utilisez 50 m.

En terminant, vous pouvez vérifier les données spécifiées avec le menu **Tables**. Les mêmes paramètres pour toutes les sections y sont regroupés à l'intérieur d'un même tableau et peuvent y être modifiés. Cela peut être utile pour changer rapidement certains paramètres lorsque l'on effectue une **analyse de sensibilité du modèle**. Vous avez utilisé jusqu'à présent **Reach Lengths**, mais observez aussi le tableau **Manning's n** ou celui des **River Stations**. Avant de quitter la fenêtre Geometric Data, **sauvegardez** les informations que vous avez entrées.

3.3 Débits et conditions limites

L'étape suivante de la modélisation hydraulique avec HEC-RAS est de spécifier les débits utilisés pour calculer les profils d'écoulement. Dans la fenêtre principale, cliquez sur le bouton **Steady Flow Data**. Les résultats d'une analyse de fréquence des débits maximums sont utilisés ici pour calculer les profils d'écoulement correspondants. Les valeurs obtenues sont tabulées à la figure suivante. Pour entrer ces valeurs de débits, indiquez d'abord **Number of Profiles: 4**. Par la suite, dans le menu Options, allez à **Edit Profile Names...** et indiquez les noms de profils appropriés. Les valeurs de débit qui sont entrées aux cases correspondantes sont représentatives de la section amont (River Station 10.0) et sont considérées valides sur tout le tronçon de rivière, c'est-à-dire que le débit ne change pas dans le tronçon. HEC-RAS permet toutefois de représenter des changements de débits aux sections transversales, lorsqu'un affluent important entraîne un changement de débit dans le tronçon.

Steady Flow Data - Riv. du Loup - Periodes de retour

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (2000 max): 4 | Reach Boundary Conditions | Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River: duloup

Reach: Aval | River Sta.: 10 | Add A Flow Change Location

	Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
	River	Reach	RS	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
1	duloup	Aval	10	600	670	750	800

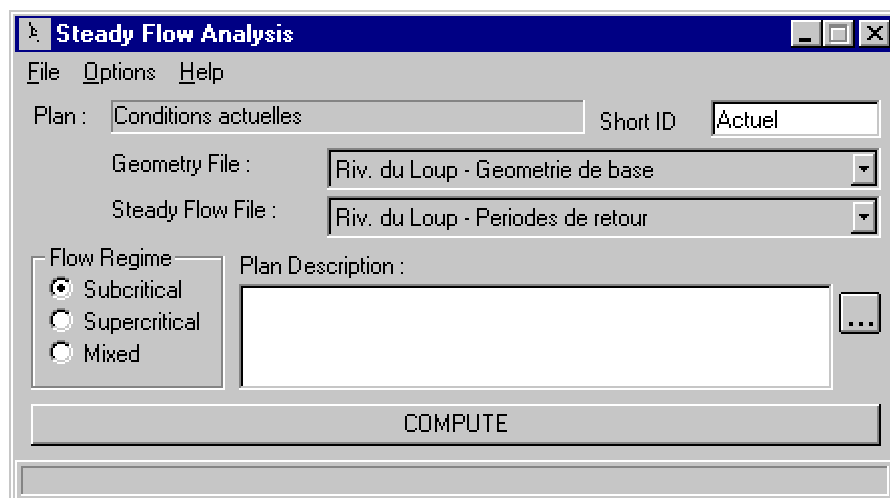
Fenêtre Steady Flow Data

Lorsque les débits correspondants aux différents profils devant être calculés sont spécifiés, il faut par la suite définir les conditions limites de l'écoulement en cliquant sur le bouton **Reach Boundary Conditions**. Les conditions limites sont nécessaires pour calculer la hauteur d'eau initiale aux extrémités de chaque tronçon. Pour un écoulement infracritique, seulement les conditions à la section aval sont nécessaires, tandis que pour un écoulement supercritique, les conditions limites à l'amont seulement sont utilisées. Selon le régime d'écoulement modélisé, une seule des deux conditions limites peut être indiquée.

Pour cet exemple, l'écoulement simulé est infracritique, c'est-à-dire qu'il y a une obstruction ou une perturbation dans la géométrie du cours d'eau, ou encore un niveau d'eau élevé à l'aval, qui provoque des ondes de gravité qui se propagent en partie vers l'amont. Pour la section aval (**Downstream**), sélectionnez la case appropriée et appuyez sur Known WS (Niveau d'eau connu) pour spécifiez un niveau de 7,0 m. Ceci représente en fait le niveau approximatif du fleuve St-Laurent à cet endroit. C'est donc dire que le niveau du fleuve va influencer les niveaux d'eau qui seront calculés en rivière. Avant de passer à l'étape suivante, **sauvegardez** ces données avec **File / Save Flow Data As...** Entrez le titre : **Periodes de retour** et quittez cette fenêtre pour revenir au menu principal de HEC-RAS.

3.4 Simulation hydraulique

La dernière étape nécessaire à la modélisation avec HEC-RAS est de définir le Plan utilisé. Cliquez sur le bouton **Perform a Steady Flow Simulation** pour obtenir la fenêtre présentée plus bas. Le **Geometry File** et **Steady Flow File** que vous avez créés y sont indiqués. Dans le menu **File**, choisissez **New Plan**. Lorsque requis, entrez le titre et l'identificateur indiqué sur la figure ci-dessous. Ce premier Plan sera sauvegardé dans le fichier rivduloup.p01, nom qui est déterminé par le logiciel.

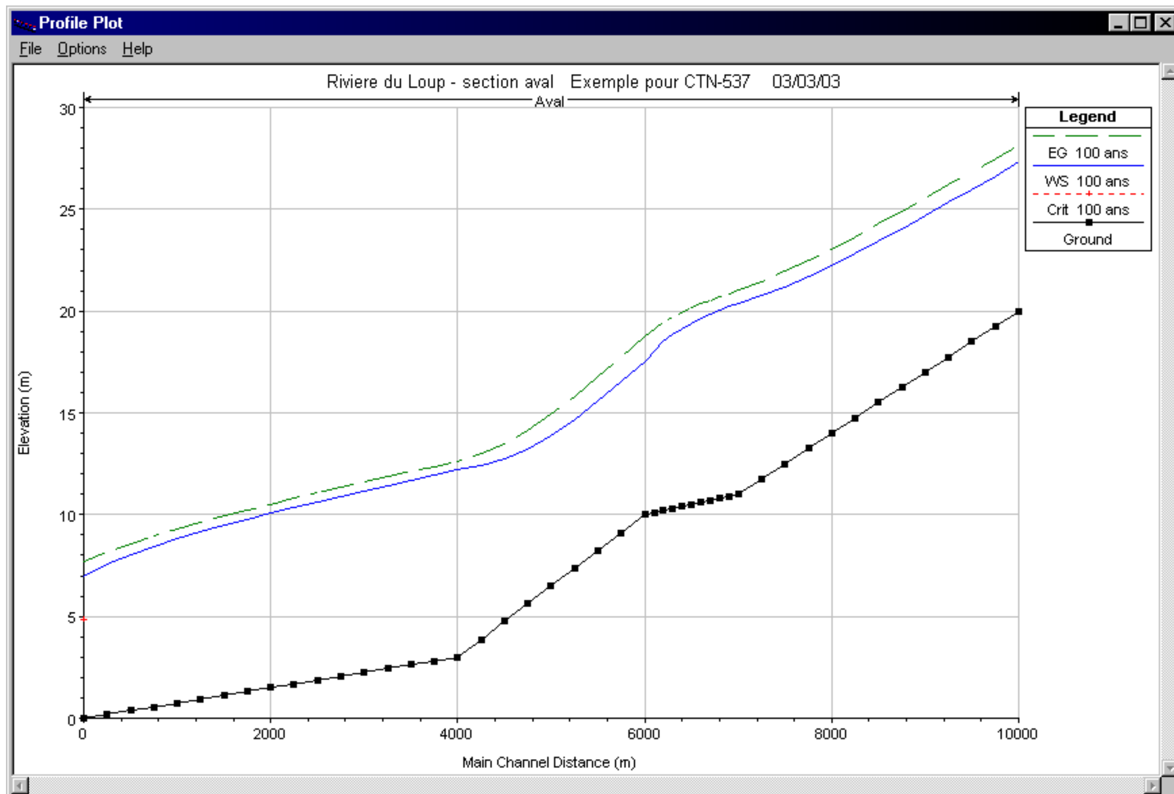


Fenêtre Steady Flow Analysis

Choisissez le régime d'écoulement infracritique (**Subcritical**) et appuyez sur **Compute** pour débuter la simulation. Une fenêtre montrant la progression de la simulation s'ouvrira et les calculs s'effectueront. Lorsque le programme a terminé, vous pouvez fermer la fenêtre Hydraulic Computation, ainsi que la fenêtre Steady Flow Analysis. Vous êtes maintenant de retour à la fenêtre principale de HEC-RAS. Pour visualiser les résultats obtenus, différentes fonctions seront présentées au chapitre suivant.

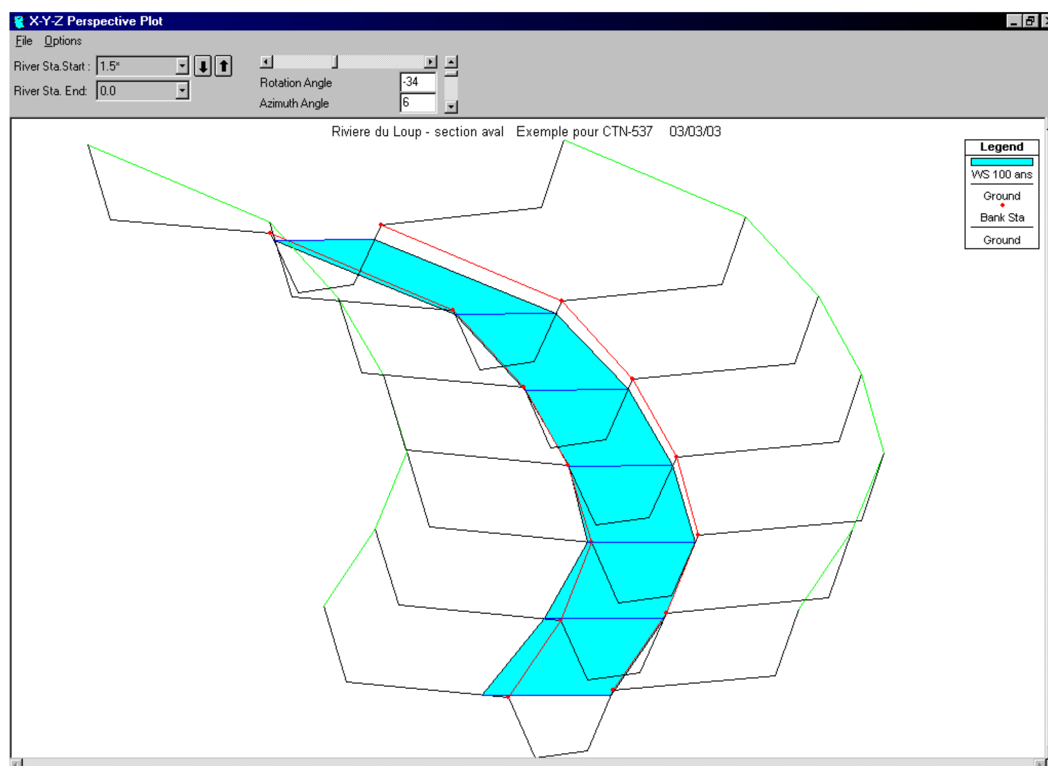
4 Visualisation des résultats

À la suite de la simulation, les résultats sont automatiquement sauvegardés dans le fichier rivduloup.o01. Un des résultats intéressants à consulter est la vue en profil du tronçon simulé. Cette fonction, **View Profiles**, est située dans la barre de boutons. La figure suivante montre un exemple de vue en profil des résultats. Allez également dans le menu Options de cette fenêtre. Vous y trouverez les options d'affichage, telles que Zoom et Pan. Il y a également d'autres options qui permettent d'afficher les résultats d'un ou plusieurs Plans, d'ajouter ou supprimer l'affichage de certains Profiles, de changer le tronçon (Reaches) dont les résultats sont actuellement affichés. Ce menu Options est d'ailleurs similaire pour les différentes fenêtres graphiques permettant de visualiser les résultats.



Fenêtre Profile Plot

Une autre option graphique intéressante est accessible via le bouton **View 3D multiple cross section plot**. Un exemple est montré à la figure suivante. Les sections transversales de début et de fin peuvent être modifiées pour n'afficher qu'une partie du tronçon à l'étude. Rotation et Azimuth permettent quant à eux de modifier l'angle de vue. Pour ne voir qu'une seule section, il est préférable d'utiliser le bouton **View Cross Sections** qui a été utilisé précédemment. Vous retrouvez à nouveau le menu Options dans la fenêtre Cross Sections, même s'il diffère légèrement du précédent.



Fenêtre X Y Z Perspective Plot

Deux autres boutons, **View detailed Output at XS...** et **View Output at Multiple**..,, permettent de voir les résultats sous forme tabulaire. La fonction **Summary of Errors...** devrait aussi être consultée après chaque simulation pour prendre connaissance, s'il y a lieu, de certains problèmes rencontrés lors de la simulation.

Cross Section Output

File Type Options Help

River: duloup Profile: 100 ans

Reach Aval RS: 10 Plan: naturel

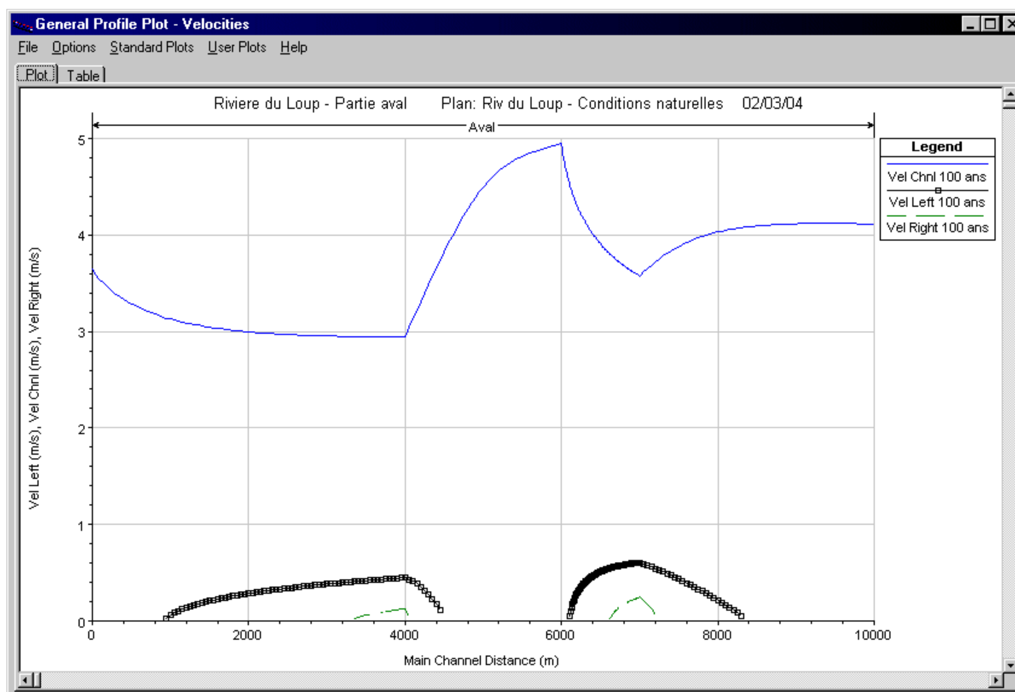
Plan: naturel duloup Aval RS: 10 Profile: 100 ans

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	28.17	Wt. n-Val.		0.035	
Vel Head (m)	0.86	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
W.S. Elev (m)	27.31	Flow Area (m2)		194.56	
Crit W.S. (m)		Area (m2)		194.56	
E.G. Slope (m/m)	0.002668	Flow (m3/s)		800.00	
Q Total (m3/s)	800.00	Top Width (m)		37.03	
Top Width (m)	37.03	Avg. Vel. (m/s)		4.11	
Vel Total (m/s)	4.11	Hydr. Depth (m)		5.25	
Max Chl Dpth (m)	7.31	Conv. (m3/s)		15487.8	
Conv. Total (m3/s)	15487.8	Wetted Per. (m)		41.83	
Length Wtd. (m)	50.00	Shear (N/m2)		121.68	
Min Ch El (m)	20.00	Stream Power (N/m s)		500.35	
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)	54.47	2218.26	0.55
Frctn Loss (m)	0.13	Cum SA (1000 m2)	126.01	375.86	5.73
C & E Loss (m)	0.00				

Errors, Warnings and Notes

Fenêtre Cross Section Output

Finalement, comme on peut voir dans le tableau des résultats des sections transversales, il y a plusieurs variables qui sont calculées par HEC-RAS en plus des niveaux d'eau. Dans certains cas, on s'intéressera aux vitesses afin de quantifier les possibilités d'érosion ou de voir dans quelles conditions de débit il y aura début de la formation d'un couvert de glace, dans quelles conditions le couvert de glace sera stable, etc...



Fenêtre General Profile Plot

5 Références

User's Manual *
HEC, (2002)

* Disponible à la réserve de la bibliothèque de l'ÉTS

This manual is a guide to using HEC-RAS. The manual provides an introduction and overview of the modeling system, installation instructions, how to get started, simple examples, detailed descriptions of each of the major modeling components, and how to view graphical and tabular output.

Hydraulic Reference Manual
HEC, (2001)

This manual describes the theory and data requirements for the hydraulic calculations performed by HEC-RAS. Equations are presented along with the assumptions used in their derivation. Discussions are provided on how to estimate model parameters, as well as guidelines on various modeling approaches.

Applications Guide
HEC, (2001)

This document contains a series of examples that demonstrate various aspects of the HEC-RAS. Each example consists of a problem statement, data requirements, general outline of solution steps, displays of key input and output screens, and discussions of important modeling aspects.